

YIDONG TONGXIN WANGLUO GUIHUA

矿产地质勘查研究

毕颖出 程增晴◎著



矿产地质勘查研究

毕颖出 程增晴 著

 延边大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

矿产地质勘查研究 / 毕颖出, 程增晴著. — 延吉 :
延边大学出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-5688-2983-0

I. ①矿… II. ①毕… ②程… III. ①矿产资源-地
质勘探-研究 IV. ①P624

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 146302 号

矿产地质勘查研究

- 著 者 毕颖出 程增晴 著
责任编辑 田莲花
装帧设计 中图时代
出版发行 延边大学出版社
地 址 吉林省延吉市公园路 977 号, 133002
网 址 <http://www.ydchs.com>
电子邮箱 ydchs@ydchs.com
电 话 0433-2732435 0433-2732434(传真)
印 刷 廊坊市海涛印刷有限公司
开 本 710 mm×1000 mm 1/16
印 张 11.75
字 数 240 千字
版 次 2017 年 6 月第 1 版
印 次 2018 年 11 月第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5688-2983-0
定 价 45.00 元
-

目 录

第1章 遥感地质及矿产地质填图	1
1.1 遥感技术	1
1.2 矿产地质填图	7
第2章 地球物理勘查技术	14
2.1 概述	14
2.2 磁法测量	19
2.3 电法测量	27
2.4 重力测量	35
2.5 设计和协调地球物理工作	40
第3章 地球化学勘查技术	42
3.1 概述	42
3.2 地球化学勘查的主要方法及其应用	50
3.3 矿产地球化学勘查的工作程序和要求	56
3.4 异常查证	62
第4章 探矿工程勘查技术	66
4.1 坑探工程	66
4.2 钻探方法	70
4.3 金刚石岩心钻探方法	74
4.4 钻孔的设计	76
4.5 钻探编录	79
4.6 钻探合同	87
第5章 矿产勘查阶段	89
5.1 概述	89
5.2 矿产预查阶段	92
5.3 矿产普查阶段	98
5.4 矿产详查阶段	103
5.5 矿产勘探阶段	106
第6章 固体矿产资源量/储量的分类系统	110
6.1 国际上主要的资源/储量分类系统简介	110
6.2 我国矿产资源储量分类系统	121
6.3 矿体空间连续性	129

第7章 矿产勘查工作的总体部署	131
7.1 矿床勘查类型	131
7.2 勘查工程的总体部署	134
7.3 勘查工程地质设计	146
第8章 矿产勘查取样	151
8.1 取样理论基础	151
8.2 矿产勘查取样	163
8.3 矿产勘查取样的种类	168
8.4 样品分析、鉴定、测试结果的资料整理	178
参考文献	181

第 1 章 遥感地质及矿产地质填图

1.1 遥感技术

1.1.1 遥感技术的基本原理

遥感(remote sensing)是利用诸如常规的照相机或利用对可见光及可见光区域之外的电磁辐射敏感的电子扫描仪获取影像用于分析的技术。换句话说,遥感是通过测量反射或发射电磁辐射以获得地球表面特征的技术。它能使我们识别主要的区域或局部地形特征以及地质关系,有助于发现有矿产潜力的地区。安装在卫星上的遥感仪器扫描地球表面并测量反射太阳的辐射或地表发射的辐射(图 1-1),通常波长范围为 $0.3\sim3\mu\text{m}$,这些波长范围跨越了从超紫外线、可见红外线到微波雷达光谱。由传感器从远距离接收和记录目标物所反射的太阳辐射电磁波及物体自身发射的电磁波(主要是热辐射)的遥感系统称为被动遥感。另一方面,测量由飞行器本身发射出的辐射在地球表面的反射,这类方法称为主动遥感方法(有时又称为遥测);其主要优点是不依赖太阳辐射,可以昼夜工作,而且可以根据探测目的的不同,主动选择电磁波的波长和发射方式。

一般利用各种合成方式构建多光谱影像或颜色合成影像。我们把遥感影像中的每一种颜色称为一个光谱波段(spectral band),每个波段调到电磁波辐射波长的一个窄波段(即“颜色”),遥感技术可以探测到少至一个、多至 200 个以上的波段。

由于不同的岩石类型在不同的光谱范围内具有不同的反射辐射特征,所以,根据遥感信息我们能对一个地区做出初步的地质解释,一些与矿床关系密切的地质特征提供了能够用遥感探测到的强信号。例如,与

热液蚀变有关的褪色岩石和与斑岩铜矿氧化带有关的红色铁帽,或者是可能赋存贵金属矿脉的火山岩区的断裂等,这些特征即使被土壤或植被覆盖有时也能清楚地识别。部分植被本身也具有反射地下异常金属含量的效应。

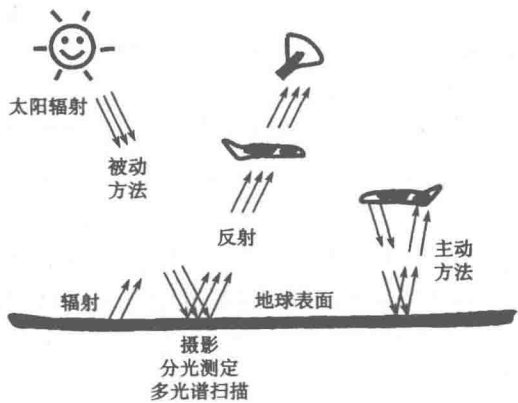


图 1-1 遥感的主动方法和被动方法示意图

遥感技术系统主要由遥感仪器(传感器,用来探测目标物电磁波特性的仪器设备,常用的有照相机、扫描仪和成像雷达等)、遥感平台(用于搭载传感器的运载工具,常用的有气球、飞机和人造卫星等)、地面管理和数据处理系统,以及资料判译和应用等部分组成。

根据所采用的遥感平台的不同,通常又可分为航天遥感(主要是卫星遥感)及航空遥感两类。航天遥感,如地球资源卫星遥感,其优点是在很短的周期内得到基本上覆盖全球的,特征、规格相同的图像,并且处理分析的速度快,单位面积的费用较低,便于发挥多波段、多时相、多种图像的信息优势,以及与地面地质、地球物理勘探及地球化学勘查等多种数据复合分析的优势。航空遥感图像,包括黑白及彩色航空像片,航空多波段遥感图像及航空测视雷达图像等,适用于较大比例尺的地质矿产调查。

1.1.2 航天遥感技术的发展历程

遥感技术是 20 世纪 60 年代以来在航空摄影、航空地球物理测量等方法基础上,综合应用空间科学、光学、电子科学及计算机技术等最新成果而迅速发展起来的。1972 年,美国航空航天局(NASA)发射了第一颗地球资源技术卫星(当时称为 ERTS-1,后来改称为 Landsat-1),它采用距地球表面 920km 高并且与太阳同步的近圆形轨道,每天绕地球 14 圈,卫星上的摄像设备不断地拍下地球表面的情况,每幅图像可覆盖地面近 2 万 km^2 , Landsat-1 的成功发射开启了陆地卫星成像(landsat imagery)应用于地学领域的新纪元。

第一代陆地资源卫星(包括 Landsat-1, 2 和 3 号卫星)使用的传感器是多光谱扫描仪(multispectral scanner, MSS),能同时获得 4 个光谱波段的数据,其中 2 个波段的波长分别是 $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$ 和 $0.6 \sim 0.7 \mu\text{m}$,对应于可见光谱的绿色和红色部分;另 2 个波段的波长范围分别是 $0.7 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 和 $0.8 \sim 1.1 \mu\text{m}$,对应于光谱中的近红外部分,刚好超出可见光范围。第一代陆地卫星获得的光谱波段数据其地面分辨率为 $79\text{m} \times 79\text{m}$ 面积(称像元,也就是说,所记录的地球表面反射的天然电磁波,其观测值是由地面 6241m^2 面积上反射率的平均值组成),并且通过反束光导管摄像机(RBV camera)提供少量分辨率为 40m 的影像。

第二代陆地卫星系统始于 1982 年发射的 Landsat-4,它在与太阳同步的轨道上运行,每 16 天覆盖一次地球。Landsat-4 安装了专题成像仪(thematic mapper, TM)传感器,在第一年的试运行期间能获得与早期发射卫星提供的相同的 MSS 数据, TM 数据的空间分辨率为 $30\text{m} \times 30\text{m}^2$,而且更准确;第二年后,它可以提供 6 个波段范围从 $0.45 \sim 2.35 \mu\text{m}$ 的光谱数据和 1 个分辨率较低(120m)波长范围从 $10.4 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 的热红外波段。1984 年发射的 Landsat-5 是为 Landsat-4 提供数据备份。由于 TM 的第 5 和 7 波段位于短波红外区内,以及随着功能更强大的计算机软件问世, TM 数据不仅提供了识别铁帽而且还能够识别热液黏土矿物蚀变的

功能。目前 Landsat-1~Landsat-4 均相继失效,Landsat-5 仍在超期运行。

卫星图像按标准进行分幅,一幅称为一景(scene,又称为一个像幅),一景 MSS 图像由 3240×2380 个像元组成,而一景 TM 图像是一景 MSS 图像的像元个数的 9 倍。每一景有一个编号,由轨径(path)编号和行(row)编号两组数字组成,这种编号称为全球参考系统(WRS)。例如,陆地卫星 4、5 号覆盖全球一次共飞行 233 圈,其轨径编号为 001~233;规定穿过赤道西经 64.6° 为第一圈轨径,编号为 001,自东向西编号。我国领土位于 4、5 号卫星的 113~146 号轨径。在任一给定的轨道圈上,横跨一幅图像的纬度中心线称为行,按照卫星沿轨道圈的移动进行编号,即北纬 $80^\circ 47'$ 作为第一行,与赤道重叠的行编为第 60 行,到南纬 $81^\circ 51'$ 为 122 行。然后开始第 123 行,向北方行数增加,穿过赤道(相当于 184 行),并继续向北直至北纬 $81^\circ 5'$ 为第 246 行(从 123 行后为夜间飞行)。我国领土的大陆部分白昼图像位于 23~48 行。例如,某幅图像编号为 123~32,表示位于第 123 圈轨径、第 32 行的位置。由于同一景遥感图像通常都是采用多个光谱波段同时拍摄,如果每个波段赋予一种颜色,通过三个波段的合成就可以生成一幅假彩色图像。

1999 年发射的 Landsat-7 是美国第 3 代陆地资源卫星(第六颗卫星在 1993 年因火箭故障没有发射成功),它运行在一条高 705km、倾角 98.2° 的太阳同步轨道上,每天绕行地球 14 圈,16 天覆盖地球一遍,图像幅宽达 185km。Landsat-7 号卫星最主要的特点是用再增强型专题成像仪(enhanced thematic mapper plus,简称 ETM+,它是安装在第六颗卫星上的 ETM 的改进型号,比 MSS 和 TM 灵敏度高)。

美国宇航局和美国地质调查局于 2013 年 2 月 11 日合作研制发射了 Landsat-8 号陆地资源卫星,卫星上搭载了陆地成像仪(operational land imager,OLI)和热红外传感器(thermal infrared sensor,TIRS)。这两个传感器以 30m(可见,近红外,短波红外光谱)、100m(热红外光谱)和 15m(全色光谱)的空间分辨率提供了全球陆地季节性覆盖。Landsat-8 每天为美国地质调查局传送 400 幅的卫星图像作为数据存档(每个图幅沿轨道幅宽 180km,垂直轨道幅宽 185km),比 Landsat-7 多 150 幅。

地球观测系统(SPOT)系列卫星是法国空间研究中心(CNES)研制的一种地球观测卫星系统。1986 年法国 SPOT Image 公司发射了第一颗商业遥感卫星,其传感器能够提供分辨率可以达到 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的全色(黑白)影像,还可以提供分辨率为 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 、与 MSS 相似的彩色图像。1998 年 SPOT-4 增加了一个短红外波段($1.58 \sim 1.75\mu\text{m}$),分辨率为 20m。2012 年发射的 SPOT-6,将多光谱波段地面分辨率提高到了 6m,空间分辨率能够达到 1:1 万地质解译的要求,短红外波段能够反映大部分的蚀变信息。SPOT 的一景数据对应地面 $60\text{km} \times 60\text{km}$ 的范围,在倾斜观测时横向最大可达 91km,各景位置根据 GRS(SPOT grid reference system)由列号 K 和行号 J 的交点(节点)来确定。SPOT 数据的用途和 Landsat 相同,即以陆地上的资源环境调查和检测为主。自 1986 年以来,SPOT 已经接收、存档超过 7 百万幅全球卫星数据,提供了准确、丰富、可靠、动态的地理信息源。

1997年,空间成像 EOSAT 公司发射了分辨率为 1~3m 的 IKONOS-1 卫星,可提供与航高 3000m 的航空照片相当的地面细节。1998 年春,美国 Earth Watch 公司发射的 Early Bird 卫星可提供分辨率为 3m 的图像用于详细地质填图。

我国的资源卫星计划起步于 20 世纪 80 年代中期,由于巴西政府对我国在研的资源卫星表现出极大的兴趣,1988 年中国与巴西在北京签署了联合研制地球资源卫星的协议书,被命名为中巴地球资源卫星(CBERS)的合作项目从此拉开序幕。1999 年,中巴地球资源一号 01 卫星在太原成功发射,2003 年又成功发射了中巴地球资源一号 02 卫星。2000 年,我国自行研制的地球资源二号 01 卫星成功发射,此后,又分别发射了地球资源二号 02 和 03 卫星,其分辨率高于中巴地球资源一号卫星系列,而且形成了三星联网,表明我国卫星研制技术实现了历史性跨越。

2007 年 9 月第一颗民用高分辨率陆地卫星的发射,开创了我国民用卫星应用的新局面。2008 年发射了环境减灾 EA、EB 卫星;2011 年 12 月我们国家发射了资源 01 号卫星,这颗卫星分辨率是 0.36m。2012 年 1 月我国发射了第一颗民用高分辨率卫星,简称为资源 3 号卫星,这颗卫星最高分辨率 0.1m,同时搭载了前后式的相机,能够满足 1:5 万比例尺的测试要求并能提供丰富的三维信息。

随着更精确的数字传感器的出现,美国航空航天局在 1983 年即已经进行了一个名为机载成像光谱仪(airborne imaging spectrometer)的试验超光谱扫描仪(hyperspectral scanner),该系统具有 128 个波段。1987 年,又进行了 224 个波段的机载可见光/红外线成像光谱仪的飞行试验。这些扫描仪已经发展到能提供 64~384 个独立波段的影像,目前还仅限于在飞机上使用,不久将会在卫星上应用。搭载在美国 Terra 卫星(1999 年 12 月发射,轨道高度 700~730km)上由日本和美国合作研发的 ASTER(星载热发射和反射辐射仪)传感器也具有可见光-近红外光谱达 14 个波段的高光谱数据,从而为开展地表岩性识别和矿化蚀变信息提取提供了重要遥感数据源。

超光谱扫描仪不仅能够提供与 MSS 和 TM 相似的影像,其最大的优点是能够为影像中每一个像元提供一种光谱信号。如果把实验室测定的矿物或植被的反射光谱与图像中的像元进行匹配,就可以在基本上均一的区域内证实主要的矿物或植物。

雷达遥感技术则具有较强的穿透性,可以穿透云雾,进行全天候工作,产生分辨率优于 10m 的图像,在揭示地质构造方面具有独特的优势。

谷歌地球是一款由 Google 公司开发的虚拟地球仪软件,该软件把卫星照片、航空照相和 GIS 布置在一个地球的三维模型上,通过卫星图片、地图,以及强大的 Google 搜索技术的有机结合,能够随时浏览全球各地的高清晰度卫星图片。

1.1.3 航空遥感

航空遥感也称机载遥感,是指以各种飞机、气球等作为传感台和运载工具的遥

感技术。飞行高度一般在 25km 以下。现代航空遥感技术已由常规的航空摄影发展到多种探测技术,如紫外摄影、红外摄影、多光谱摄影、多光谱扫描、热红外摄像以及各种雷达技术等。航空遥感成像具有比例尺大、地面分辨率高、机动灵活等特点。

航空摄影可为数十平方千米或更小范围的勘查工作提供地形和地质基础资料;卫星遥感使用较宽的电磁光谱,而航空摄影只利用可见光和近红外光谱部分。

航天飞机已经拍摄了一些极好的大区域照片,不过未能进行系统地覆盖拍摄。由飞机进行的垂直摄影所获得的照片,已成为多数地质工作的基础,目前我国常用的航空像片,像幅有 18cm×18cm、23cm×23cm 和 30cm×30cm 三种,比例尺可从 1:10 万~1:2 万或更大。彩色航空照片对矿产勘查是非常有用的,因为颜色能突出重要的地质细节,但彩色航空照片摄取较少,价格较贵,通常难于买到。

航空照片能精确地反映地貌及基岩岩性和构造,而且,根据其灰度或颜色分辨率能识别出诸如岩石蚀变带和硫化物氧化带等。因为飞机拍摄相邻地区的照片能够形成立体感,所以,地貌的细节表现得特别明显。这些毗邻的照片(或称立体像对)在前进方向叠加了大约 60%,侧向上叠加大约 30%。用作三维图视的立体镜可以是野外用的袖珍型或室内用的反射棱镜或单棱镜。因为是在中心透视中拍摄的单张航空照片,因而,它们具有边缘和高程畸变,这可以通过照片的联结或叠加所形成的一张有误差的照片镶嵌图上进行校正。

根据航片上可识别的地形、地貌和地质特征,帮助确定重点勘查工作区、参照地形标定工作路线、设置工作场所、部署地球化学取样或地球物理测线位置。因此,航片是勘查设计较理想的基础资料。

已经研制出无畸变、具颜色校正的航空摄影专用相机。黑白胶片目前仍是最常用的,但红外胶片和各种彩色胶片的应用已日渐广泛。

1.1.4 遥感地质

遥感地质又称地质遥感,是综合应用现代的遥感技术来研究地质规律,进行地质调查和资源勘查的一种方法。它从宏观的角度,着眼于由空中取得的地质信息,即以各种地质体对电磁辐射的反应作为基本依据,结合其他各种地质资料及遥感资料的综合应用,以分析、判断一定地区内的地质构造情况。遥感地质工作的基本内容是:①地面及航空遥感试验,建立各种地质体和地质现象的电磁波谱特征;②进行图像、数字数据的处理和判释地质体和地质现象在遥感图像上的特征;③遥感技术在地质填图、矿产资源勘查及环境、工程、灾害地质调查研究中的应用。遥感地质需要应用计算机技术、电磁辐射理论、现代光学和电子学技术以及数学地质的理论与方法,是促进地质工作现代化的一个重要技术领域。

遥感地质解译分为初步解译、实地踏勘、详细解译、野外验证、综合研究、编写报告六个工作阶段,每个阶段的工作内容可参考中国地质调查局地质调查技术标

准《遥感地质解译方法指南》(DD2011—03)。

国内各遥感中心一般都备有成套的电磁波信息磁带,应用计算机处理技术可获得国内任一地区的黑白或假彩色合成图像。在假彩色合成图像中,可以选择不同的光谱限或光谱限的合成来突出或增强最重要的地质信息。例如,计算机在对原始电磁波信息处理过程中,通过选择特征频带强度(强度比值)能够对岩石进行分类;最好地反映某一岩石类型的信息组合(算法)被赋予一种颜色,使该像幅内相应于该算法(也即相应于该岩石类型)的所有像元都被赋予同种颜色。结合野外和实验室谱分析,TM数据能够生成黏土和铁氧化物蚀变分布图,ASTER数据可以有效地生成青磐岩化和黏土化蚀变分布图;超光谱数据可以生成多达20余种蚀变矿物的分布图。因此,只要识别出工作区最重要的岩石类型或蚀变带及其光谱特征,便可以把这些特征外推到更大的地区,也就可以根据假彩色合成图像进行初步地质解释以及对该区矿产潜力进行评价。

红外波长范围的遥感可将记录的地球表面的热辐射,用于圈定高热流或低热流地区并可证实不同程度保留或放射积热的岩石类型。雷达波长能穿透植被并显著地被地表反射,航空侧视雷达非常适合于地质构造制图。

反映一个广大地区内的岩石类型和地质构造概貌,是遥感技术在矿产勘查中的主要优势。高分辨率图像资料的可利用性,进一步促使矿产勘查利用遥感技术。特别需注意研究的课题包括:①应用综合数据套,即把地球物理、地球化学测量资料叠加在遥感图像中;②在短和中红外波长范围内开发图像资料的数字处理技术;③影像雷达的评价。实际工作中常常利用多阶段、多种遥感影像进行解译。首先从小比例尺(1:25万~1:100万)卫星影像解译入手,然后,解译高空拍摄的研究区的大比例尺航摄像片,再进一步解译研究区更大比例尺的传统拍摄的航片,在一些条件较好的地区,还可以结合航空物探测量成果进行研究。利用多种遥感信息可以对一些重要的地质特征的解译结果互相印证,如航空磁法测量可以指示侵入体的存在,利用航片可以帮助圈定侵入体的边界。

遥感资料提供的信息可以帮助对区域地质体进行较准确的圈定,从宏观上控制区域地质构造的总体格架,对提高区域地质调查质量具有十分重要的作用。遥感图像的解译主要是去伪存真、先整体后局部,通过对比、推理,解译不同比例尺的单张单波段或彩色合成卫片,然后再对比多时相、多波段、多片种及航、卫片镶嵌图,从中确定各类地质体、线、环形影像特征及其分布和变化等。根据遥感资料的影像特征,进行遥感影像单元和遥感形态单元(线形、环形)划分,并编制遥感图像解译草图;对照参考已有地质资料,拟定全区岩性和构造地质解译标志;根据解译标志,对遥感资料进行地质解译并编绘遥感地质解译图,提供野外踏勘中参考应用,以便有针对性地质布置地质观察路线,并对解译内容进行实地检查验证,不断修改补充和完善解译标志,提高解译质量;同时修改补充原遥感地质解译图有关内容,使解译内容与客观情况更为吻合。

遥感地质解译的重点包括:区域构造格架解译、辅助地质填图解译、已知控矿因素的追索圈定等。因为遥感影像只是多种勘查手段中的一种,因而有必要与其他类型数据(地质、地球化学、地球物理等)在相同比例尺和同一个坐标系统中进行匹配和比较。

如果说遥感数据分辨率的提高显著地提高了地面地质体影像的精细程度,那么,超光谱技术的发展则促使遥感地质方法由现在的以图像分析为主转变为以光谱分析为主的图谱结合的方式。未来的遥感地质将会向着量化(如地质目标的自动识别、岩石中矿物丰度和化学成分定量反演,以及包括地质填图模型和矿产资源评价模型在内的定量应用模型等)和集成化(即多种遥感技术、多种遥感信息以及多种数据处理方法集成为优势互补协同作业的应用体系)的方向发展。

2007年在北京召开的以“遥感找矿面临的新挑战”为主题的第302次香山科学会议提出了“后遥感应用技术”的概念。所谓后遥感应用技术,是指在数字地球框架下,将遥感技术与传统的地质方法相结合、与现代信息技术相结合的遥感信息深化应用技术,其核心是遥感信息的延伸应用和信息化。其目的是最大限度地利用信息资源,以提高矿产资源的勘查效果。后遥感应用技术有利于发挥遥感找矿的技术优势,发现用常规地质方法很难发现的地质体和地质现象,为找矿提供新的依据。通过引进新型探测技术的数据源,开发先进图像处理方法,进一步深化对遥感信息的理解和诠释;通过与传统地质方法的集成来弥补主要反映地表信息、受植被干扰大和解读不确定性等不足。

1.2 矿产地质填图

1.2.1 地图和地质图的基本概念

地图是用形象符号再现客观,反映和研究自然现象以及社会现象的空间分布、组合、相互联系及其在时间中变化的图形模型。地质图属于一种重要的地图类型,是矿产勘查中用于交流信息的最重要媒体。地图是地表特征的二维展示,它不仅能传递某个特定区域的详细信息(采用图形的形式实现),而且能指示该区域相对于地球其他地区的位置(采用坐标系统控制)。地形图和地质图是矿产勘查中最常用的地图,地球物理和地球化学图件常常与地质图结合使用。

地质图是在平面上的地质观测和解释的图形展示,地质剖面图是在垂向上的地质观测和信息解释,两者在性质上是相同的。对于矿产勘查工作来说,平面图和剖面图在可视空间以及三维地质的关系方面是必不可少的图件。有了这些图件,便可以应用有关成矿控制的理论来预测潜在矿床赋存的位置、规模、形态以及品位等。

地质填图的目的是确定构造单元并概括或恢复出填图区的地质发展历史,根

据对资料的综合分析,评价相应地质条件下矿化潜力和建立勘查准则。矿产勘查的第一步总是需要获得地质图。在确立勘查项目之前,首先需要收集研究区内原有的地质图和资料,在对这些图进行评价后,可能需要在更小的区域内进行更大比例尺的地质研究。而且,勘查靶区的地质图对所有后续勘查工作,包括地球物理、地球化学、钻探,以及矿山设计和开采等,都是极为重要的地质控制资料。所以地质填图是勘查地质人员必须掌握的基本技术之一。

1.2.2 我国地质填图的进展简介

我国最早的区域地质调查工作始于 1952 年地质部成立之时,至 20 世纪末的近 50 年间,已累计完成 1:100 万区域地质调查面积达 947.38 万 km^2 , 占国土面积的 98.7%;完成 1:20 万中比例尺区域地质调查 691 万 km^2 , 占国土面积的 72%;完成 1:5 万区域地质填图 164 万 km^2 , 占国土面积的 17%。从 2004 年开始,我国再次启动了中断 20 多年的大比例尺区域矿产远景调查工作,被锁定的区域包括雅鲁藏布江地区、“三江”地区、大兴安岭中南段等 15 个重要成矿区带的成矿有利地段,共填图 217 幅,调查面积为 88021 km^2 , 年度计划总投资 1 亿元。至 2010 年,我国已基本实现中比例尺地质图的全面覆盖,在主要经济发展区带、重要成矿带以及科学问题突出的地质单元行将完成 849 幅 1:5 万地质图,合计 36 万 km^2 。

根据国际基本地形图系统数字化的新形势,从“九五”计划开始,我国中比例尺新测图幅统一由 1:20 万改为 1:25 万,并且规范了 1:25 万、1:5 万、1:2.5 万,以及 1:1 万比例尺构成的国家层次“野外地质填图”标准系列,数字填图技术已经在我国推广。目前,我国地质填图已实现野外数据采集、储存、数据处理、成图的全流程数字化。GPS 已成为野外地质人员的重要工具,它有两个主要的用途:①预先把所需要研究的观察点位置坐标输入 GPS,野外工作时就可以很容易地利用它到达预定点位;②野外定点,即利用 GPS 确定并能自动记录观测者所在位置。

中国地质调查局除承担比例尺一般为 1:25 万~1:5 万区域地质填图外,还承担 1:5 万矿产远景调查。矿产远景调查是战略性矿产勘查的前期基础工作,是为矿产预查直接提供靶区和新发现矿产地的区域找矿工作,其目的是解决矿产勘查后备选区紧缺问题,为政府矿产资源规划管理、提高矿产可持续供给能力提供基础保障,为提高国家勘查资金的投入产出效益、促进矿业可持续发展服务。

矿产远景调查一般部署在重要成矿区带选择成矿有利地段,突出战略性矿种,兼顾综合找矿,按国际分幅,采用单幅或多幅联测的方式分阶段部署。未开展过 1:5 万区调的地区,矿产地质填图必须以野外实测为主。已进行过 1:5 万区调的地区,采用野外调查和室内修编相结合的方式进行,主要任务是实测矿产和与成矿有关的含矿层、标志层、控矿构造、矿化带、蚀变带、物化探异常区和与成矿有关的其他地质体。有关矿产远景调查的技术要求请参见《战略性矿产远景调查技

术要求》[中国地质调查局地质调查技术标准(DD2004—4)]。

1.2.3 矿产地质填图

矿产勘查阶段的地质填图称为矿产地质填图,由地质勘查部门自行完成,比例尺一般为1:1万、1:5000、1:1000,一些情况下为1:500。野外填图的比例尺越大,要求的控制程度和研究程度越高。例如,如果野外按照1:5000比例尺要求进行地质填图,那么,最终成图的比例尺应为1:5000或1:1万,而不能为1:2000,因为该比例尺的野外填图的控制程度不能达到更大比例尺地质图的要求。

在1:1万比例尺的地质填图中,间距为100m的勘查工程能够在这一比例尺的地质图上展绘出来,而且,宽度为几米的岩墙和断层带不需要在图上夸大表示。在1:1万地质填图的基础上可进行更大比例尺(如1:2000)的地质填图,更大比例尺的地质图上能够实际表示与矿床有关的规模更小的地质特征。一般说来,地质填图选取比例尺应按工作区内原有地质图比例尺5~10倍的尺度扩大,采用小于这一倍数比例尺的地质填图。例如,进一步详细的地质填图只比原比例尺扩大2~3倍,将不可能新增多少地质细节。

矿产地质填图的目的是提高测区内地质矿产研究程度,基本查明地质特征,大致查明成矿条件,发现新矿(化)点,为物化探异常解释、成矿规律研究和勘查靶区圈定提供基础地质资料。

地质填图在矿产勘查的各个阶段都需要进行,随着勘查工作的逐步深入,勘查范围逐步缩小,地质填图所要求的比例尺更大,精度要求更高。地质填图也不是一个孤立的活动,它在勘查手段的最佳组合中占有重要位置,地质填图对地球物理、地球化学、槽探、钻探,以及坑探等勘查技术的应用提供指导作用,而地质填图过程中也需要借助于这些手段来了解覆盖层之下基岩的地质特征。

一旦确定了钻探或槽探的施工区域,则一般需要进行更大比例尺的地质填图。例如,1:500的比例尺,以便把取样结果以及地层和构造细节都能精确地展绘在图上。勘查工程如探槽和钻探的原始地质编录则还要以更大比例尺(如1:50或1:100)来进行。原始地质编录有助于确定构造、岩性、矿化,以及详细取样位置之间的关系,而且对于岩土工程研究也是很重要的。

1.2.4 实测地质剖面的测制要求

实测地质剖面是进行勘查区基本地质情况研究以及进行地质填图的基础工作。在地质填图设计书中即应明确测制实测地质剖面的目的和地点以及样品(标本)采集要求等。首先需要通过踏勘,选择露头良好、构造清楚的地段作为实测剖面的路线,必要时采用探槽进行揭露。然后进行实测剖面,通过观察研究和对比,确定填图单位,并采用一套经过鉴定、测试的标本,统一命名和统一认识。

实测地质剖面的分层精度可根据剖面的比例尺大小确定。凡在剖面图上宽度

达 1mm 的地质体均应划分和表示,对于一些重要的或具特殊意义的地质体,如标志层、化石层、矿化层、火山岩中的沉积岩夹层等,如厚度达不到图上 1mm,也应将其放大到 1mm 表示。

对于实测勘查线剖面,要求地质界线定位准确,并且准确测定其产状,勘查工程位置准确定位。

表 1-1 矿区地质图与实测地质剖面图及勘查线剖面图比例尺的关系

矿区地质图	实测地质剖面图	勘查线剖面图
1 : 2.5 万	1 : 2000~1 : 1000	1 : 5000~1 : 1 万
1 : 1 万	1 : 1000~1 : 500	1 : 2000~1 : 5000
1 : 5000	1 : 500~1 : 200	1 : 2000~1 : 5000
1 : 2000	1 : 200~1 : 100	1 : 1000~1 : 2000
1 : 1000	1 : 100	1 : 500~1 : 1000

实测地质剖面时用半仪器法同时测绘地形及地质界线,绘制路线地质平面图和地质剖面图。勘查线剖面图用仪器法测绘地形剖面图,填绘地质体时,对工程位置及地质界线特别是矿体(层)界线、重要的地质构造界线等必须用仪器法定位。测量点、基点、观测点在实地用木桩或用油漆在岩石上标记,勘查线剖面的端点还应埋设水泥桩,并测定其 x 、 y 和 z 坐标。实测地质剖面的比例尺依据地质填图的比例尺确定。

1.2.5 矿产地质填图的要求

1 : 1 万矿产地质填图是在 1 : 5 万或 1 : 10 万(一些情况下可能为 1 : 25 万)地质图的基础上进行的。在开始地质填图工作之前,要注意分析研究区内现有地球物理、地球化学以及航空照片资料。如果目标矿床是内生矿床,地质填图过程中尤其要注意对构造特征的了解;如果是外生矿床,则要注重岩相-岩性条件的研究;在变质岩区要加强对变质相的研究。在解读研究区的构造格局时有必要了解地质事件发生的时间顺序;除了构造要素需要查明以外,任何类型的接触界线都必须确定。覆盖层不一定要填出来。大比例尺地质填图的主要目的是要发现填图区内出露于地表的所有矿化体、建立矿化与岩性和构造之间的关系、确定矿床界限、圈定有利于成矿的靶区,以及综合收集矿产勘查所需的资料。在覆盖层厚度不大的地区应采用探槽揭露,中心部位主干探槽最好能够横切过工作区,揭露和控制主要地层和构造;辅助探槽主要用于控制矿化和构造的走向。

前已述及,矿产地质填图的目的任务是提高测区内矿产地质研究程度,了解工作区内地表和近地表存在的岩石类型和构造型式以及相互间的关系,大致查明地

质及矿化特征,发现新矿(化)点,为物化探异常解释、成矿规律研究和勘查靶区圈定提供基础地质资料。矿产地质填图是矿产勘查中花费最少而且最重要的一种方法,主要任务是实测矿产和与成矿有关的含矿层、标志层、控矿构造、矿化带、蚀变带、物化探异常区和与成矿有关的其他地质体。主要目的是创建一幅总结归纳野外地质观测研究结果的地质图。

大比例尺矿产地质图能够全面反映工作区内的地质及矿化特征、矿(化)点的分布状况,是物化探异常解释、成矿规律研究和圈定找矿靶区的重要基础性地质资料,可以直接为矿产资源的进一步勘查提供依据,在矿产勘查中具有重要作用。表1-2列出了不同比例尺矿产地质填图的适用范围。

表 1-2 不同比例尺矿产地质填图适用的范围

比例尺	适用范围
1:1万~1:5000	在1:20万~1:5万地质填图、地球物理勘查、地球化学勘查以及遥感地质工作基础上,通过成矿规律和成矿预测研究提供的勘查靶区。
	在已知矿床的外围,根据成矿规律和成矿预测圈定的有利成矿地段。
1:2000~1:1000	在1:1万地质填图的基础上确定的或经普查阶段转入的详查区。
	在已知的详查或勘探区外围,根据成矿规律研究或勘查证实,可进行详查或勘探的地段。
	在预查和普查的基础上,以已知矿体或矿化带为中心圈定的成矿地段。

矿产勘查地质填图过程中应注意以下几方面:

(1)应充分收集、分析、应用区内已有的地、物、化、遥、矿产资料,提高研究程度和工作效率。

(2)应充分应用新技术、新理论、新方法,不断提高区内地质、矿产研究程度和填图质量。原则上采用数字填图技术。使用GPS定点。

(3)要充分考虑区内地形、地貌、地质的综合特征及已知矿产展布特征,对成矿有利地段要有所侧重。

(4)尽可能使用符合质量要求的地形图为底图,其比例尺应大于或等于最终成图时的比例尺,野外手图比例尺应大于或等于室内地形底图,无合适比例尺地形图应测绘出符合要求的地形图后再进行填图工作。地质填图过程中最好同时进行地球物理和地球化学测量。

(5)根据不同比例尺要求的精度查明区内地层、构造和岩浆岩的产出、分布、岩石类型、变质作用等特征,深入研究与成矿有关的地质体和构造并且了解含矿层、矿化带、蚀变带、矿体的分布范围、形态、产状、矿化类型、分布特点及其控制因素、矿石特征。

有关矿产地质填图方法以及具体技术要求请感兴趣的读者参见中国地质调查局 2006 年颁发的《固体矿产原始地质编录规程(试行)》(DD2006—01)规范中的相关内容。

1.2.6 矿产地质填图方法和研究内容

(1) 沉积岩:采用岩石地层方法填图,重点查明岩石地层单位的沉积序列、岩石组成、岩性、主要矿物成分、结构、构造、岩相、厚度、产状、构造特征以及接触关系,大致查明其含(控)矿性质、时空分布变化等,厘定地层层序和填图单位。

(2) 侵入岩:着重查明侵入岩体、脉岩的形态与规模、产状、主要矿物成分、岩石类型、结构构造、包体、岩石化学和地球化学特征等以及侵入岩体内外接触带的交代蚀变现象、同化混染现象以及分异现象特征,并圈定接触带、捕虏体或顶盖残留体,测量接触带产状;探讨侵入体的侵入期次、顺序、时代、演化规律、与围岩和矿产的关系及时空分布、控矿特征。

(3) 火山岩:采用火山地层-岩性(岩相)双重方法填图,研究火山岩的成分、结构、构造、层面构造和接触关系。大致查明火山岩层的层序、厚度、产状、分布范围、沉积夹层及岩石化学和地球化学特征,划分和厘定岩石地层单位;划分火山岩相,调查研究火山机构、断裂、裂隙对矿液运移和富集的控制作用及与火山作用有关的岩浆期后热液蚀变、矿化特征;研究探讨火山作用与区域构造及成矿的关系,确定与成矿有关的火山喷发时代。

(4) 变质岩:区域变质岩要研究各种类型变质岩石的特点和变质作用;浅变质沉积岩、火山岩、侵入岩注意运用相应的填图方法进行工作;中、深变质岩系根据变质、变形作用特征及其复杂程度以及岩石类型,划分构造-地层单位、构造-岩层单位、构造-岩石单位;接触变质岩石应着重研究接触变质带、接触交代带的分布、物质成分、规模、形态、产状和强度及其主要控制因素。要求查明变质岩石的主要矿物成分、结构构造、岩石类型、岩石化学和地球化学特征、变形特征及其空间分布、接触关系,并建立序次关系,恢复原岩及其建造类型;调查研究各类变质岩内的含矿层、含矿建造及矿产在变质岩中的分布规律,变质岩石、变质带、变质相对矿床、矿化的控制作用。

(5) 构造:查明构造的基本类型和主要构造的形态、规模、产状、性质、生成序次和组合特征。建立区域构造格架,探讨不同期次构造叠加关系及演化序列;观察褶皱、断裂构造或韧性剪切带、构造活动等及新构造运动对沉积作用、岩浆活动、变质作用、矿化蚀变、成矿的控制作用、对矿体的破坏作用以及矿体在各类构造中的赋存位置和分布规律。

(6) 矿产:观察研究含矿层、蚀变带、矿化带、矿体以及与成矿有关的侵入体、接触变质带、构造带以及矿化转石等的种类、规模、展布范围、产状、形态及其空间变化,并取化学分析样和采集标本。观察研究矿石质量特征、矿石的物质组成、矿